-ane Medical Library

Aus dem Physiologischen Institut der Universität München
(Vorstand: Professor Dr. Ph. Brömser)

Der Radialispuls in seiner Beziehung zu Alter und Blutdruck

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde in der Medizin
verfaßt
und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Albert Klotz
Medizinalpraktikant aus München

Carl Nieft, Buchdruckerei und Verlag, Bleicherode am Harz
1936

Meinen lieben Eltern gewidmet!

Diese Dissertation ist gleichzeitig als Broschüre im Verlag Carl Nieft, Bleicherode a. H. erschienen.

Daß es sich bei den an peripheren arteriellen Pulsen auftretenden Schwingungen um den Ausdruck stehender Wellen handeln kann, ist durch die Beweisführung Otto Franks für den Femoralispuls des Hundes gezeigt worden(I). Da nämlich das Produkt aus Wellengeschwindigkeit a und Schwingungsdauer T des Femoralispulses unter wechselnden Druckverhältnissen tatsächlich konstant bleibt, ist die Schwingung T im Femoralispuls Ausdruck einer stehenden Welle in dem Aorten-Femoralisrohr von der Wellenlänge $\lambda = a \times T$. Für den Femoralispuls des Menschen ist der gleiche Beweis durch Erstickungs- und Amylnitritversuche von O. Frank und K. Wezler, ferner durch Temperaturversuche von K. Wezler (2) geführt worden.

Schwieriger gestaltet sich eine ähnliche Beweisführung für die im Radialispuls auftretenden Schwingungen. Wie K. Wezler gezeigt hat, verkürzt sich zwar auch die im Radialispuls messbare Halbschwingung (P1 bis P2, vergleiche Schema) mit steigender Wellengeschwindigkeit, wie nach der Wellenlehre zu fordern ist; das Produkt aus Wellengeschwindigkeit und Schwingungsdauer a x T' bleibt jedoch mit steigender Wellengeschwindigkeit unter Kältereizen nicht konstant, sondern zeigt stetig kleiner werdende Werte. K. Wezler hat mehrere Möglichkeiten erörtert (3), wie diese experimentelle Tatsache gedeutet werden könnte.

Um zwischen diesen Möglichkeiten zu entscheiden, schien es notwendig noch weitere experimentelle Grundlagen zu schaffen, das heißt, in weiteren Versuchen mit Drucksteigerung durch verschiedene Eingriffe, beziehungsweise durch Drucksteigerung unter physiologischen Bedingungen die Veränderung der Schwingungsdauer T' des Radialispulses zu untersuchen und damit der aus $a \times T$ berechneten Wellenlänge.

In der vorliegenden Arbeit wurden demnach aus circa ein hundert Versuchen in zwei hundert Aufnahmen von Personen verschiedensten Alters (4—67 Jahren), die mir von Herrn Dr. Wezler zur Verfügung gestellt wurden, die Werte der Wellengeschwindigkeit in der Armarterie (a Radialis) und der Schwingungsdauer T' des Radialispulses ($T = 2 \times$ P2 bis P3) gemessen. Die Werte wurden tabellarisch nach steigendem Alter der Versuchspersonen geordnet und nach bestimmten Altersgruppen zusammengefaßt. Außerdem

wurden die gleichen Messungen bei einer Reihe von Versuchen an gesunden jugendlichen Versuchspersonen ausgeführt, wobei in den Versuchen stärkere Änderungen des Blutdrucks, beziehungsweise der Wellengeschwindigkeit durch Erstickung und Inhalation von Amylnitrit erzeugt worden waren.

Methodik und Auswertung der Versuche:

Sämtliche Versuche wurden, soweit nicht anders vermerkt, an liegenden Versuchspersonen ausgeführt. Für die Aufnahmen der arteriellen Pulse wurden die Transmissionssphygmographen nach O. Frank (4) benützt.

Betreffs näherer Einzelheiten der Methode sei auf die Arbeit von K. Wezler verwiesen(5). Bei den Versuchen mit bestimmten Einwirkungen wurde zuerst eine Normalaufnahme registriert, hernach Aufnahmen unter Gewalteinwirkung in bestimmten zeitlichen Abständen und zum Schluß wiederum eine Normalaufnahme. Die Auswertung der Versuche erfolgte an photographisch hergestellten Vergrößerungen der Originalpulskurve in der ebenfalls von Wezler näher beschriebenen Weise.

Gleichzeitige Aufnahme des Subclaviapulses oben und des Radialispulses unten.
$T' = 2 \times (P_2 - P_3)$.

Aus der obenstehenden Originalaufnahme eines Subclavia-Radialispulses ist durch die Punkte 2 und 3 des Radialispulses die Hälfte der Schwingungsdauer T' angegeben. An jeder Versuchsperson war die für die Pulswellengeschwindigkeit maßgebende Arterienlänge l durch Projektion des Arterienverlaufes auf die Körperoberfläche direkt gemessen worden. Aus den gemessenen Werten a Radialis und T' Radialis ergab sich durch Berechnung das Produkt $\lambda = a \times T'$ in cm.

Ergebnisse:

Tabelle 1.

1 Alter in Jahren	2 a Radial. m/sec	3 T' Rad. σ	4 λ = axT cm	5 λ/4 cm	6 1 cm Subclav. Rad.	7 λ/l
4½—5½	7.35	189	138	34.5	38.0	3.62
6¼—10	7.44	216	159	39.8	44.4	3.58
11—20	6.87	253	190	47.5	61.0	3.10
21—29	8.20	214	174	43.6	62.9	2.78
30—39	9.20	192	175	43.8	66.0	2.52
40—55	10.30	161	166	41.5	67.9	2.45
64—67	9.90	177	175	43.8	63.8	2.75

In Tabelle 1 ist das Ergebnis sämtlicher Messungen aus Normalaufnahmen von Versuchspersonen im Alter von 4—67 J. in Mittelwerten für willkürlich abgegrenzte Altersgruppen aufgeführt.

Spalte 2 zeigt den bekannten Anstieg der Wellengeschwindigkeit λ in der Armarterie mit dem Alter (vergleiche dazu Nr. 6 im Literaturverzeichnis).

In Spalte 3 sind die zugehörigen Werte der Schwingungsdauer T' angegeben. Bemerkenswert ist hier eine Abnahme der Länge dieser Schwingungsdauer bei Erwachsenen bei den Altersgruppen von 20—55 Jahren, von 253 σ auf 161 σ. Da die höchste Altersstufe nur wenige Versuchspersonen umfaßt, ist bei der verhältnismäßig großen Streuung, der Einzelwerte nicht mit Sicherheit zu ersehen, ob nicht T' jenseits des 60. Lebensjahres im Mittel doch noch kleinere Werte zeigt.

Die in Spalte 4 aufgeführte Wellenlänge zeigt ebenfalls bei Erwachsenen eine mit dem Alter zunehmende Verkleinerung von 190 auf 166 cm. Bei Kindern von 4—10 Jahren beträgt die Wellenlänge entsprechend der geringen Länge der Armarterie nur 140—160 cm.

In Spalte 5 ist λ/4 berechnet.

In Spalte 6 ist der Mittelwert der gemessenen Armarterie l für die betreffenden Altersgruppen zum Vergleich angegeben.

Schließlich ist in Spalte 7 der Quotient λ/l berechnet. Man sieht, daß der Quotient in der Kindheit mit 3,6 nahe bei dem Wert 4,0 liegt und er bei Erwachsenen mit steigendem Alter die Tendenz hat abzufallen (von 3,10 auf 2,45).

Das wesentliche Ergebnis der Tabelle 1 liegt in der Feststellung, daß für die Schwingungsdauer T' des Radialispulses, sowie für die Wellenlänge $\lambda = a \times T'$ eine Altersabhängigkeit nachweisbar ist, ferner in der Feststellung, daß die Wellenlänge λ auch von der bei Kindern und Erwachsenen stark verschiedenen Arterienlänge nachweisbar abhängig ist. Damit ist ein neuer Beweis dafür gegeben, daß die Schwingungsdauer T' des Radialispulses Ausdruck einer in dem Arterienrohr des Armes laufenden Welle ist. Auf die Frage wie die für diese Wellenlänge wirksame Arterienlänge abzugrenzen ist, geben sich gewisse Hinweise, doch soll hierauf nicht näher eingegangen werden, da das Versuchsmaterial für eine exakte Beweisführung noch gewisser Ergänzungen bedürftig ist.

In einer zweiten Untersuchungsreihe wurde die Veränderung der Schwingungsdauer T' des Radialispulses und der Wellenlänge $\lambda = a \times T'$ bei Drucksteigerung mittels Erstickung geprüft. Die Versuchspersonen hatten zum Zwecke der Blutdrucksteigerung den Atem mindestens 30 Sekunden angehalten. In der 20. — 30. Sekunde erfolgte die Aufnahme. Vor und nach der Erstickung wurde eine Normalaufnahme gemacht.

Tabelle 2.

1 V	N	2 a Rad.	3 T'	4 λ	5 Subcl.-Rad.	6 λ/l	Lage der Vers.Pers.	Einwirkg.
17	9b	7.68	198	152	68	2.23	sitzend	normal
	10a	9.25	125	116	68	1.70	„	Erstickg.
	10b	9.40	117	110	68	1.61	„	„
	11a	7.82	190	148	68	2.17	„	1 M. nach „
	2	8.50	174	148	68	2.17	liegend	normal
	4a	9.03	149	135	68	1.98	„	Erstickg.
	4b	9.12	140	127	68	1.86	„	„
23	18	7.44	272	202	68	2.97	sitzend	normal
	19	8.55	178	152	68	2.23	„	Erstickg.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse von drei derartigen Versuchen an einer gesunden 23jährigen männlichen Versuchsperson wiedergegeben. Mit dem Anstieg der Wellengeschwindigkeit a unter der

Erstickung zeigt sich in allen Versuchen eine starke Verkürzung der Schwingungsdauer T' des Radialispulses, die z. B. in Versuch 17 von 198 σ auf 117 σ erfolgte. Das Produkt a × T' bleibt nicht konstant, sondern verkleinert sich mit wachsender Wellengeschwindigkeit deutlich (vergleiche Spalte 4). Ebenso verkleinert sich der Quotient, d. h. das Verhältnis der Wellenlänge zur Arterienlänge.

Damit ist die Beobachtung von K. Wezler bei Drucksteigerung mittels Kältereizen auch für eine Drucksteigerung durch Reizung des Vasomotorenzentrums infolge Erstickung bestätigt. Das Ergebnis ist vollkommen unabhängig davon, ob die Aufnahme an der liegenden oder sitzenden Versuchsperson erfolgte; doch scheint das Ausmaß der Verkürzung der Wellenlänge im Alter geringer zu sein.

In einer dritten Versuchsgruppe wurde die grundsätzlich gleiche Untersuchung auch bei Drucksenkung mittels Inhalation von Amylnitrit durchgeführt. Aus einer größeren Anzahl derartiger Versuche wurden in Tabelle 3 zwei charakteristische Versuche aufgeführt, die vollkommen entgegengesetzte Ergebnisse zeigen.

Tabelle 3.

1 V	 N	2 a Rad.	3 T'	4 λ	5 Subcl.-Rad.	6 λ/l	
11	1b	7.08	274	194	62	3.12	norm.
	2a	5.60	216	121	62	1.95	10 Sek. Amylnitrit
	3b	6.36	189	120	62	1.93	50 Sek. „
	4b	6.85	308	211	62	3.40	3 Min. „
17	1	7.83	184	144	68	2.11	liegend norm.
	6a	6.93	310	215	68	3.16	10 Sek. Amylnitrit
	7	7.62	205	156	68	2.29	1 Min. „
	8	7.16	212	152	68	2.23	3 Min. „

Bei der einen Versuchsperson (V17) handelt es sich um einen 23jährigen gesunden jungen Mann, der jedoch die Zeichen der Vagotonie aufwies. Darauf wird besonders deshalb hingewiesen, weil die Möglichkeit besteht, daß das unterschiedliche Ergebnis in beiden Versuchen durch eine von der Norm abweichende Reaktionsweise der Vagotoniker erklärt werden muß. In dem Versuch 11 verkürzt sich nämlich mit sinkender Wellengeschwindigkeit sowohl die Schwingungsdauer T', als auch λ in erheblichem Umfang und damit auch der Quotient λ/l. In dem Versuch des Vagotonikers dagegen verlängert sich mit ebenfalls sinkender Wellengeschwindigkeit Schwingungsdauer und Wellenlänge und erhöht sich der Quotient λ/l.

Es kann vorläufig nicht entschieden werden, ob die Veränderung der Wellenlänge unter den genannten Einwirkungen durch eine Änderung der Konstitution des wie eine gedeckte Pfeife wirkenden Arterienrohres erklärt werden muß, oder durch eine Verlängerung bzw. Verkürzung der wirksamen Länge des Rohres bei unveränderten Reflexionsbedingungen für die Wellen an den Enden des Rohres.

Nicht zuletzt möchte ich Herrn Privatdozent Dr. Wezler für die freundliche Überlassung des Themas und sein Entgegenkommen danken.

Literaturverzeichnis.

1. Otto Frank: Sitzungsberichte der Gesellschaft für Morphologie und Physiologie München 1926.
2. K. Wezler: Zeitschrift für Biologie 96261/1935.
3. K. Wezler: Zeitschrift für Biologie Seite 292.
4. Otto Frank: Zeitschrift für Biologie 89, 289 (1929).
5. K. Wezler: Zeitschrift für Biologie 96261/1935.
6. K. Wezler: Zeitschrift für Kreislaufforschung 27. Jahrgang 1935 Seite 721.

Lebenslauf.

Ich, Albert Klotz, bin am 31. Mai 1911 in München als Sohn des Geschäftsinhabers Engelbert Klotz und Justina Klotz, geb. Schröckenbauer geboren.

Ich besuchte vier Jahre Volksschule, neun Jahre Realgymnasium in München, das ich im April 1930 absolvierte.

Anschließend studierte ich in München Medizin. Im Sommer 1933 legte ich die ärztliche Vorprüfung ab und im Herbst 1935 das Staatsexamen.